

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA ESTIMATIVA DE CORRENTES NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO PRAIAL

Danilo Mildemberger de Oliveira¹; Alex Bruno Kraemer²; Gabriel Vargas³; José Eduardo Gonçalves⁴

RESUMO: O processo de quebra de ondas na região praial é responsável pela formação de importantes correntes que atuam no transporte sedimentar e influenciam a morfodinâmica das praias ao longo do tempo. Entretanto, por se tratar de uma região altamente dinâmica, a aquisição de dados na zona de arrebentação de ondas torna-se desafiador. Dessa forma, o uso de derivadores de superfície equipados com GPS podem ser importantes aliados na caracterização das correntes longitudinais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de um derivador de superfície construído buscando um equipamento de baixo custo na obtenção de dados de correntes na região praial. O aparelho construído utiliza cano PVC com base e abas em acrílico, e no interior conta com placa Arduino conectada a um sensor GPS com taxa de aquisição de 1 Hz e módulo para gravação dos dados em cartão *MicroSD*. Em teste realizado, o equipamento se mostrou capaz de representar de forma satisfatória as correntes longitudinais, sem sofrer influência da quebra de ondas o transportando em direção à praia. Os resultados obtidos demonstram o deslocamento dos derivadores na direção N-NE, mesma direção preferencial das correntes longitudinais identificada por outros autores na mesma região, além de intensidades de velocidade compatíveis com este tipo de corrente. Na continuação do trabalho, pretende-se verificar a precisão dos dados quando combinados diferentes sensores de posicionamento, como a fusão entre sensor GPS e unidade de movimento inercial (IMU).

Palavras-Chave: Derivadores; correntes longitudinais; ondas oceânicas.

ABSTRACT: The breaking waves process is responsible by the generation of important currents who driven the sediment transport along beaches, modifying beach morphology along time. However, this region is highly dynamic and the measurement of currents may be a hard task. On this way, the use of surface floaters with GPS may be an important tool for a better understanding of longshore currents. The goal of this work was to evaluate the performance of a surface floater build using low-cost materials and equipped with and Arduino board connected with GPS and MicroSD datalogger modules. During a field test, the floater could represent satisfactorily the behavior of longshore currents, without being influenced by breaking waves who could send the equipment to the beach. During the experiment, the floaters moved to N-NE direction, same defined by other authors as the main direction of longshore currents at the study site, and the velocity measured by GPS also was compatible with velocities described in literature. For the future, the floater should be improved using a fusion of two sensors, the GPS and an IMU (inertial measurement unit), which is believed to allow a better precision for tracking the movement of the floaters.

Keywords: Surface floater; longshore currents; ocean waves

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – PPGERHA/UFPR; Curitiba/PR; e-mail: dmildemberger@ufpr.br

2) Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – PPGCG/UFPR; e-mail: alexbkraemer@gmail.com

3) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR; e-mail: gabrielvargasit@gmail.com

4) Sistema de Monitoramento e Tecnologia Ambiental do Paraná – SIMEPAR; Curitiba/PR; e-mail: jose.eduardo@simepar.br

INTRODUÇÃO

Ondas oceânicas que se propagam em direção à costa transportam uma quantidade significativa de energia, sendo sua propagação em águas rasas diretamente relacionada à profundidade da seção no ponto analisado. Ao atingir uma profundidade crítica, as ondas perdem estabilidade e quebram, dissipando sua energia na região praial. Como resultado desse processo, é comum ocorrer a formação de correntes longitudinais à praia resultantes da quebra de ondas, sendo essas correntes as principais responsáveis no transporte de sedimentos e consequente modificação da morfologia ao longo do tempo.

Dessa forma, a caracterização dessas correntes é de grande importância para uma melhor compreensão da dinâmica costeira. Entretanto, a zona de arrebentação de ondas é considerada um ambiente extremamente dinâmico, impondo uma série de desafios para a aquisição de dados de correntes com o uso de equipamentos tradicionais devido à turbulência gerada pela quebra das ondas. Ainda, devido a esse alto grau de dinamismo no comportamento hidrodinâmico desta área, o uso de uma abordagem lagrangeana permite melhor representação do padrão das correntes ao longo do tempo e do espaço, sendo os derivadores de superfície grandes aliados nesta tarefa.

Derivadores de superfície são aplicados em estudos oceanográficos desde a década de 80, sendo Davis (1985) um dos pioneiros no uso destes equipamentos. Com o desenvolvimento dos sensores GPS, os derivadores foram aprimorados e são utilizados atualmente com diferentes objetivos, como monitoramento da dispersão de poluentes e vazamento de óleo em plataformas (Jernelöv e Lindén, 1981; Crone e Tolstoy, 2010), traçamento de grandes correntes oceânicas (Lumpkin e Johnson, 2013; Maximenko et al., 2013), calibração e validação de velocidades estimadas por sensores remotos (Kaplan et al., 2005; Lumpkin e Garzoli, 2011), monitoramento de lixo marinho (Lumpkin et al., 2012; Maximenko et al., 2012) e de turbidez (Marchant et al., 2015), entre diversas outras aplicações.

Além dos estudos acima, derivadores também são aplicados na zona de arrebentação para estimar correntes litorâneas. Dentre os exemplos nesta área de estudo, Schmidt et al. (2003) utilizaram tubo de PVC equipado com GPS de navegação Garmin com taxa de gravação de 0,1 Hz (10 segundos). Para evitar a influência das ondas na movimentação do equipamento, os autores acoplaram um disco também de PVC com 35 cm de diâmetro ao fundo do tubo, que serviu como amortecedor de movimentos verticais. Seguindo essa mesma proposta, Sabet e Barani (2011) desenvolveram um derivador de baixo custo com a mesma configuração de GPS dos autores anteriores, e utilizando o disco acoplado ao fundo. Ambos trabalhos indicaram que os derivadores foram capazes de representar com eficácia as correntes litorâneas, sem serem influenciados pela quebra de ondas e pelo vento.

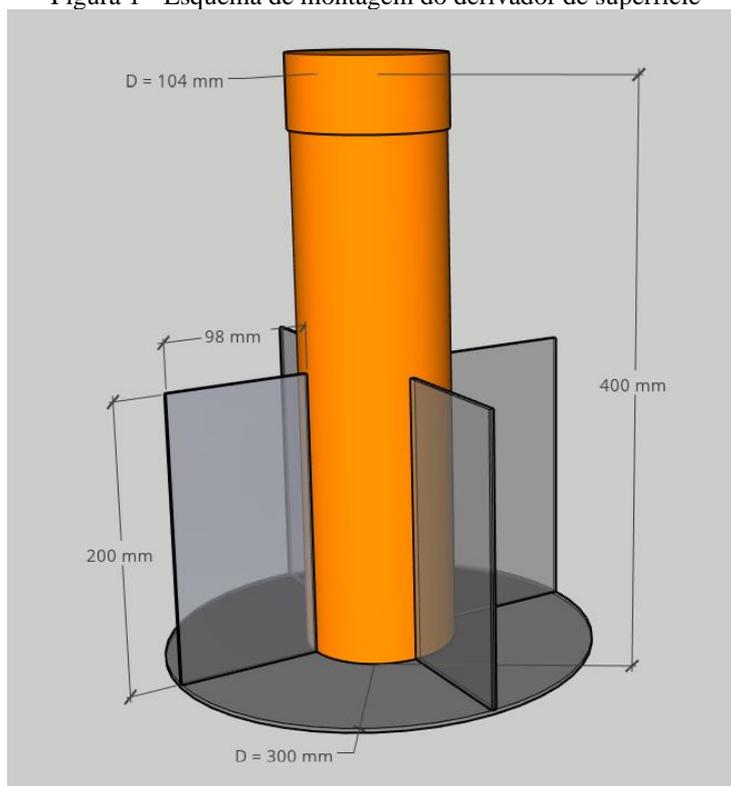
Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é avaliar a efetividade de um derivador de superfície desenvolvido com materiais e eletrônica de baixo custo, capaz de representar com maior precisão o comportamento de correntes de deriva longitudinal em um ambiente praial.

METODOLOGIA

Desenvolvimento do equipamento

Baseado nos trabalhos já desenvolvidos no uso de derivadores de superfície, o equipamento construído neste trabalho foi feito utilizando um tubo de PVC aplicado comercialmente em instalações de esgoto, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de altura. Seguindo a ideia proposta por Schmidt et al. (2003) e Sabet e Barani (2011), acoplou-se ao fundo do tubo um disco confeccionado em acrílico com 3 mm de espessura e 30 cm de diâmetro para agir como amortecedor de movimentos verticais, impedindo que a quebra das ondas transporte o derivador em direção à praia. Ainda, utilizando acrílico com 3 mm de espessura, foram instaladas quatro placas laterais inspirado nos trabalhos de Davis (1985), Nasello e Armenio (2016) e Novelli et al. (2017) para aumentar a aderência do corpo às correntes e reduzir o efeito do vento em seu deslocamento. O esquema de montagem do derivador com as dimensões utilizadas é apresentado na Figura 1.

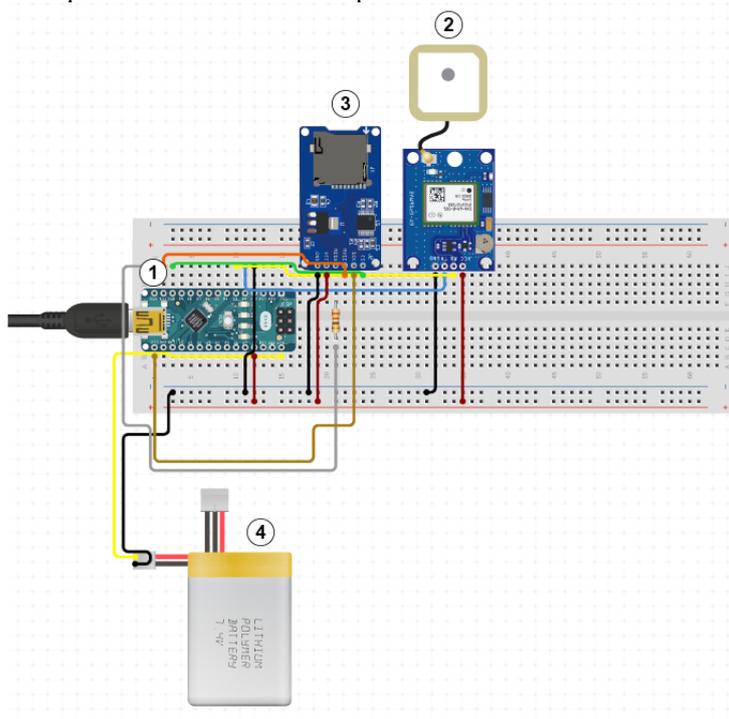
Figura 1 - Esquema de montagem do derivador de superfície



As peças de acrílico foram fixadas ao tubo de PVC utilizando adesivo instantâneo a base de cianoacrilato de alta viscosidade, e o fundo do tubo foi selado com fita veda-rosca e silicone acrílico para impedir a entrada de água. Para fornecer lastro ao corpo, cerca de 500 g de chumbo foram adicionados ao fundo do derivador e selados com espuma de poliuretano, além de aproximadamente 1500 g de areia de praia também adicionados na porção inferior do derivador. Somando-se os componentes do corpo, lastro e aparelhos eletrônicos, o derivador possui uma massa de 3,1 kg, resultando em uma densidade aproximada de 860 kg/m³.

Com relação ao sistema eletrônico para registro da velocidade, optou-se pelo uso de sensores instalados em placas de Arduino, que apresentam um baixo custo aliado a uma maior qualidade dos dados quando comparados a aparelhos de GPS de navegação comercial aplicados em trabalhos utilizados como inspiração para este projeto. A Figura 2 mostra o esquema dos componentes eletrônicos embarcados no derivador, contendo uma placa microcontroladora Arduino Nano (1) contendo 14 portas digitais e 8 portas analógicas com capacidade de armazenamento (*flash memory*) de 32 kb e memória de processamento (SRAM) de 2 kb. Ao Arduino for conectado um sensor GPS modelo Ublox (2) que possui precisão no posicionamento horizontal inferior a 2,5 m, podendo determinar velocidade e direção do deslocamento com erro inferior a 0,1 m/s e 0,5°, respectivamente. O GPS foi utilizado com a configuração de fábrica, que atualiza a posição com uma frequência de 1 Hz, podendo ser configurado para até 5 Hz, de acordo com as necessidades do usuário. Os dados de data, hora, latitude, longitude, velocidade, direção e quantidade de satélites obtidos a cada instante de medição são armazenados em arquivo de texto (ASCII) utilizando um módulo de cartão *MicroSD* (3) também conectado ao Arduino contendo um cartão de memória com capacidade de armazenamento de 4 Gb. A alimentação do Arduino e seus componentes eletrônicos é feita através de uma bateria de lítio (4) com tensão de 11 V conectada a um regulador de tensão que permite que a alimentação para o Arduino seja constante na faixa dos 5 V.

Figura 2 - Esquema de conexão dos componentes eletrônicos embarcados no derivador



Testes de campo

Para avaliar a capacidade do derivador desenvolvido em representar as correntes longitudinais de forma satisfatória, um experimento de campo foi realizado em fevereiro/2020 na região da Praia Central de Matinhos, litoral Paranaense, sendo uma praia caracterizada como dominada por ondas, com regime de micromaré e ventos predominantes dos quadrantes NE e SE, sendo os de SE de maior intensidade e resultantes da passagem de sistemas frontais durante os meses de inverno (Angulo, 1993). Com relação às ondas que atingem a praia, PORTOBRAS (1983) define a existência de dois trens preferenciais de ondas, provenientes das direções ENE e SSE/SE, sendo as maiores ondas propagadas do quadrante SE. Essa predominância de ondas vindas do quadrante S-SE tornam a corrente de deriva litorânea na costa paranaense predominantemente orientada para o Norte, conforme verificado por Angulo (1992) através da análise da orientação das desembocaduras e morfologia dos deltas de vazante dos estuários de Paranaguá e Guaratuba, e por Marone et al. (1995), através do lançamento de garrafas de deriva que se deslocaram predominantemente para a direção Norte do litoral. Ainda, Noernberg (2001) analisou dados de boias oceanográficas, determinando a predominância do deslocamento de correntes paralelas à costa na direção Norte, com velocidades em condições normais inferiores a 25 cm/s, ultrapassando, em condições atípicas de ondas, a velocidade de 75 cm/s.

As condições meteorológicas no momento do teste medidas pela estação meteorológica de Guaratuba, mantida pelo Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR, indicavam vento fraco a moderado (~2,8 m/s) provenientes do quadrante SE. Com relação às marés, o período foi de quadratura no quarto minguante e maré enchente no momento da coleta de dados. De acordo com dados do modelo de ondas *WaveWatchIII* (WW3) mantido pelo SIMEPAR, as ondas que se aproximavam do litoral Paranaense na data da amostragem possuíam altura significativa média (H_s) de 1,5 m e provenientes do quadrante SE.

Para avaliar o uso destes equipamentos na aquisição de dados de correntes longitudinais, dois derivadores (D01 e D02) foram lançados na zona de arrebentação e permaneceram à deriva por cerca de 15 minutos para verificar a estabilidade do corpo, capacidade de não sofrer influência da quebra de ondas e de se deslocarem juntamente com as correntes longitudinais, percorrendo uma distância paralela à costa de aproximadamente 150 metros. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

RESULTADOS

Para avaliar a capacidade do derivador em não sofrer influência da quebra de ondas, o deslocamento foi acompanhado com um drone de modo a verificar o comportamento dos equipamentos durante a passagem das ondas. A Figura 3 separa as imagens em três quadros distintos, onde a posição do equipamento é destacada pelo círculo laranja. No primeiro quadro (a), a crista da onda aproxima-se do derivador. Posteriormente, a onda quebra na mesma posição em que o equipamento se encontrava (b), sendo que este afunda no momento. Já o quadro (c) foi capturado após a quebra da onda, podendo-se identificar que o derivador permaneceu na mesma posição, sem sofrer transporte devido à quebra da onda. Isto demonstra a efetividade do disco de amortecimento vertical instalado na base do tubo para evitar o transporte do corpo devido ao efeito turbulento gerado pelas ondas, tornando-o suscetível apenas às correntes de deriva longitudinal.

Figura 3 - Quadros de imagem de drone indicando ausência de transporte do derivador devido quebra de ondas: a) antes, b) durante, e c) após a quebra de uma onda na mesma posição do equipamento



Apesar do sinal GPS ser altamente afetado quando a antena permanece submersa, a taxa de aquisição (dados obtidos com 4 ou mais satélites disponíveis) de ambos derivadores pode ser considerada satisfatória, com o derivador D01 apresentando ausência de dados durante 7% do período de amostragem, enquanto o D02 teve 1% de falha. O período máximo sem registro de dados para os equipamentos D01 e D02 foi de 6 e 5 segundos, respectivamente, indicando que o sinal do GPS é prontamente reestabelecido assim que o aparelho deixa de estar submerso, não havendo perda de sinal por um longo período que possa afetar a qualidade da amostragem.

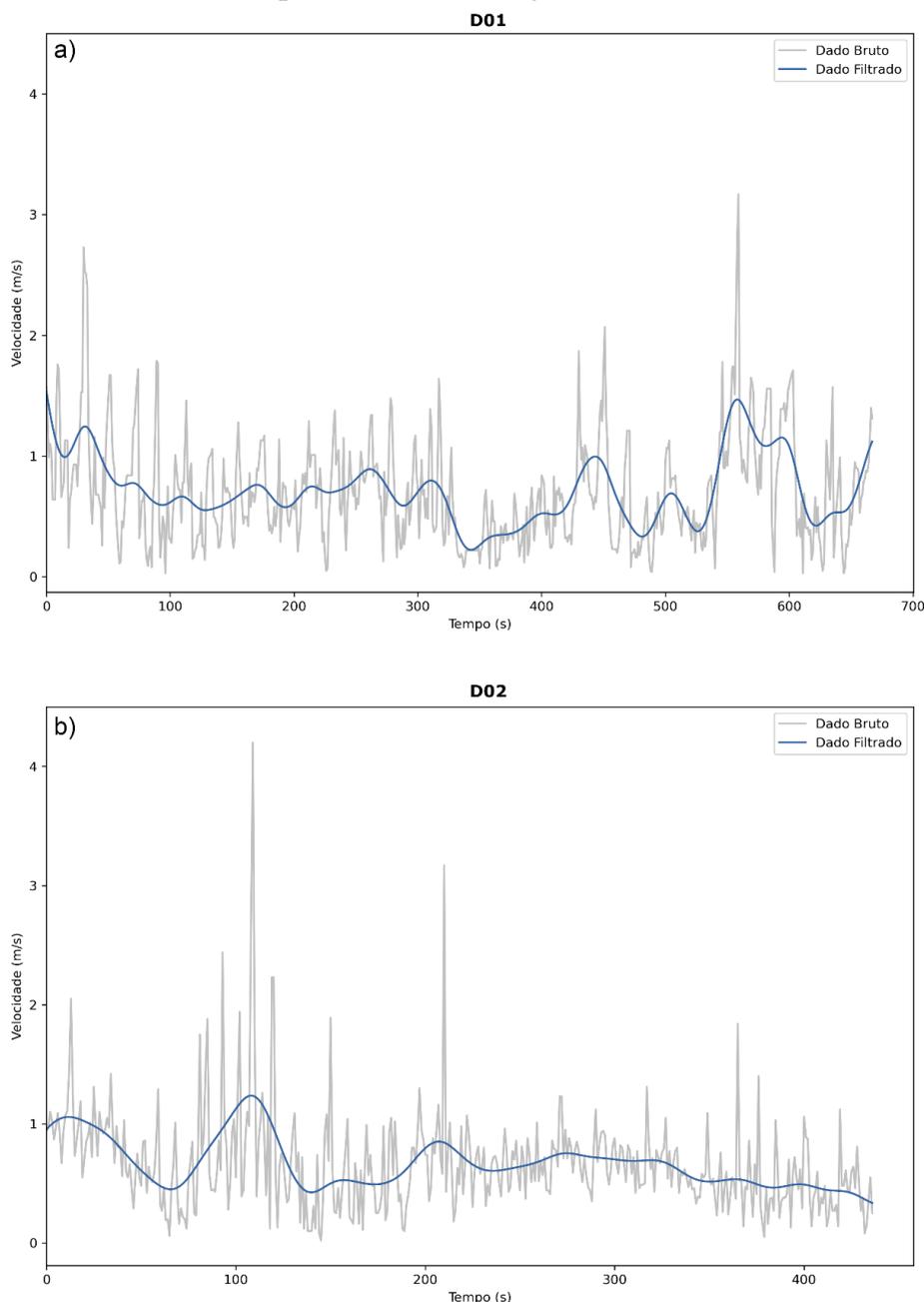
Com relação ao processamento dos dados obtidos, verificou-se a presença de alguns ruídos no sinal, com variação brusca da velocidade medida em alguns instantes, o que pode ser justificado pela movimentação do derivador em seu próprio eixo, fazendo com que a parte superior do corpo faça um movimento pendular durante a quebra de ondas. Para suavizar estes ruídos, os dados foram filtrados utilizando a técnica do filtro com fase resultante zero, que consiste na aplicação de média móvel em ambos os sentidos (primeiramente no sentido positivo seguida de nova filtragem no sentido negativo). O resultado da filtragem dos dados para cada derivador é apresentado na Figura 4.

Analisando os resultados da filtragem, é possível verificar que valores extremos de velocidade foram removidos, assim como variações bruscas da velocidade foram suavizadas pela aplicação do filtro. Esse procedimento, entretanto, não afetou a velocidade média da amostra, como apresentado na Tabela 1, indicando que o filtro atuou principalmente na suavização de valores extremos, que não representam valores reais, uma vez que correntes geradas por ondas variam, geralmente, entre 0,1 e 1,5 m/s (Reineck e Singh, 2012).

Tabela 1 - Velocidades média, máxima e mínima de cada derivador antes e após filtragem dos dados

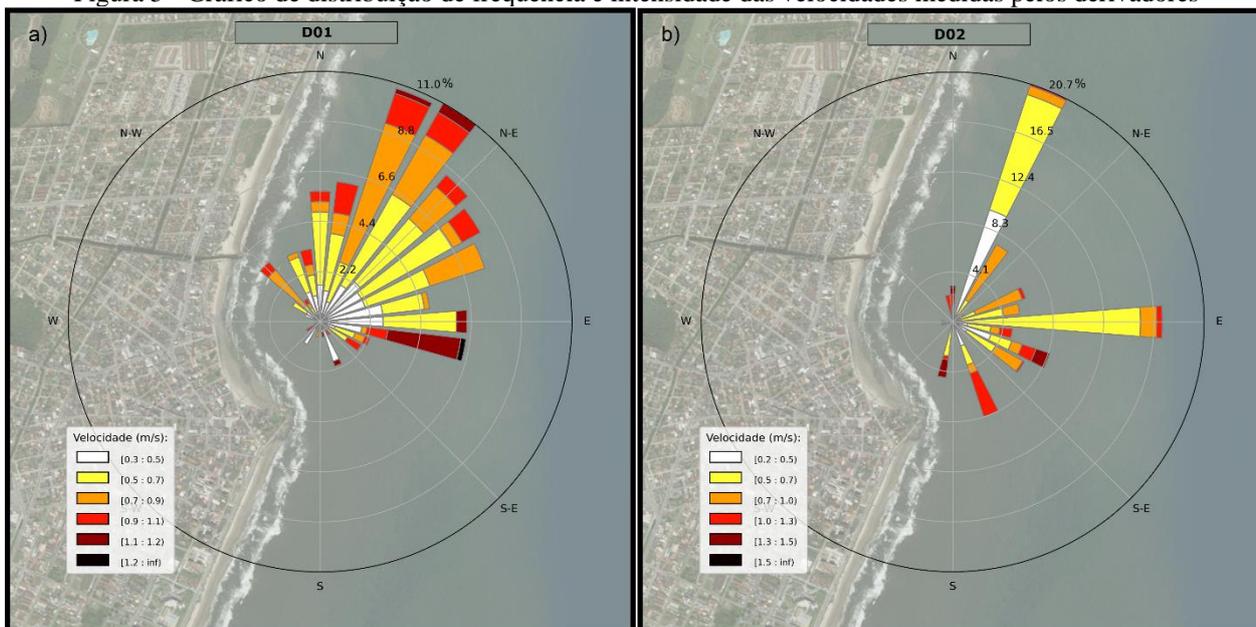
	D01		D02	
	<i>Dado Bruto</i>	<i>Dado Filtrado</i>	<i>Dado Bruto</i>	<i>Dado Filtrado</i>
<i>Vel. Média</i>	0,66	0,66	0,70	0,71
<i>Vel. Máxima</i>	4,20	1,23	3,17	1,53
<i>Vel. Mínima</i>	0,02	0,33	0,03	0,22
<i>Desvio Padrão</i>	0,42	0,20	0,44	0,26

Figura 4 – Resultados da filtragem da velocidade comparando dados brutos com dados filtrados



Os dados de velocidade já filtrados foram relacionados com a direção do deslocamento medida pelo GPS, de modo a obter-se um diagrama com intensidade e frequência das correntes para cada quadrante de propagação, conforme gráficos apresentados na Figura 5. Nesta análise, o sentido da corrente indicado no gráfico refere-se à direção em que o derivador se deslocou, diferentemente das abordagens utilizadas na análise de direção de ventos e ondas, onde a direção indica a origem do deslocamento. De acordo com esta análise, ambos os derivadores apresentaram tendência de deslocamento no sentido paralelo à praia, entre os quadrantes Norte e Nordeste, demonstrando capacidade de aderirem à corrente longitudinal, que possui deslocamento preferencial nesta mesma direção como indicado por outros autores (Angulo, 1992; Marone et al., 1995; Noernberg, 2001).

Figura 5 - Gráfico de distribuição de frequência e intensidade das velocidades medidas pelos derivadores



Ainda, ambos derivadores apresentaram pequena frequência de deslocamento em direção à praia, demonstrando mais uma vez que o disco acoplado à base do derivador foi eficiente no amortecimento do movimento vertical, impedindo que a quebra das ondas atue no transporte do derivador, conforme já verificado na sequência de imagens capturadas por drone apresentadas anteriormente.

Tanto o deslocamento no sentido da praia quanto deslocamento em demais sentidos fora do quadrante Norte-Leste identificados e que apresentam pequena frequência podem estar associados à erros devido a mudanças bruscas na posição do derivador causado pela quebra de ondas e imprecisão do GPS durante períodos submersos, visto que os dados de direção não passaram pelo mesmo processo de filtragem que os dados de velocidade, pois este procedimento certamente suavizaria os valores mínimos e máximos da direção (próximos de 0° e 360°), resultando em valores errôneos principalmente na direção Norte, que é a principal direção das correntes longitudinais.

Este erro afetaria justamente esta posição pois é possível que em um determinado instante o derivador tenha registrado um deslocamento na direção próximo de 1° e no instante seguinte registre deslocamento em 359° , pois ambos os valores representam deslocamento para Norte, estando apenas em quadrantes diferentes. Ao aplicar um filtro baseado em médias móveis em ambos os sentidos, o valor menor seria aumentado e o valor maior reduzido, gerando um valor de direção diferente do realmente ocorrido.

Com relação à presença de cerca de 17% dos dados do derivador D01 e 12% do equipamento D02 apresentarem deslocamento na direção oposta à praia, verificou-se através das imagens obtidas por drone que ambos os equipamentos foram transportados por uma corrente com comportamento semelhante à correntes de retorno, porém em menor escala, em locais semelhantes, conforme a zona destacada no mapa contendo a variação da velocidade de acordo com a posição dos derivadores (Figura 6), onde o círculo azul indica o deslocamento do D01 e o círculo preto referente ao D02.

Figura 6 - Mapa de distribuição espacial das velocidades instantâneas de ambos derivadores com destaque para localização de pontos com fluxos de retorno



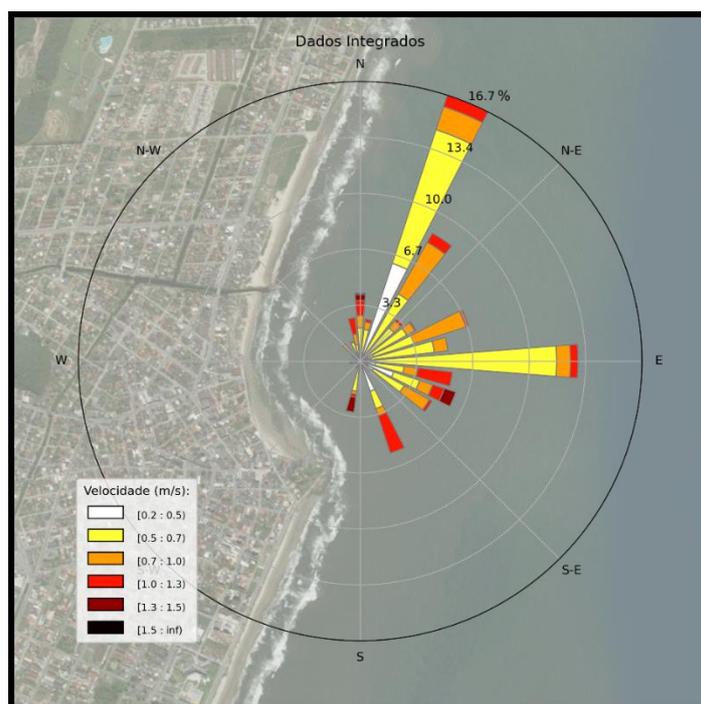
Por fim, os dados dos dois derivadores foram plotados em um mesmo conjunto de dados para verificar a tendência geral de deslocamento das correntes geradas na zona de arrebanção da Praia Central de Matinhos, conforme diagrama de Intensidade x Frequência na Figura 7. De modo geral, cerca de 25% do deslocamento dos derivadores ocorreu no mesmo sentido das correntes longitudinais (N-NE), e a única direção a apresentar frequência significativa de deslocamento foi a Leste (E), associado, como já mencionado anteriormente, a pequenos fluxos semelhantes a correntes de retorno conforme imagens obtidas por *drone*. A combinação dos dados dos dois derivadores em um único gráfico permitiu uma melhor visualização do comportamento das correntes geradas por ondas, reduzindo o peso de dados que possivelmente não representem o real comportamento hidrodinâmico do local.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de um equipamento desenvolvido com materiais e sensores de baixo custo na caracterização das correntes longitudinais formadas pelo processo de quebra de ondas na zona praial, um ambiente extremamente dinâmico e complexo para aquisição de dados, além de ser o principal influenciador no processo de transformação do perfil praial em média e larga escalas temporais.

O equipamento desenvolvido se mostrou capaz de representar as correntes longitudinais de forma satisfatória, com baixa perda de sinal durante momentos submersos. Ainda, as estruturas utilizadas para construção dos equipamentos, como a utilização do disco na base para amortecimento do efeito das ondas e as placas laterais para maior aderência às correntes se mostraram eficazes, visto que os aparelhos não sofreram influência da quebra das ondas e demonstraram deslocamento compatível com o padrão das correntes longitudinais.

Figura 7 - Gráfico de distribuição de frequência e intensidade das velocidades combinadas dos dois derivadores



Na sequência do trabalho, visando uma melhor precisão dos dados, encontra-se em fase de testes o uso de uma unidade de medida inercial (IMU), sendo composta por sensores de acelerômetro, magnetômetro e giroscópio, com aquisição de dados com frequência de 10 Hz, atuando em conjunto com o receptor GPS. A fusão dos dados obtidos pelos dois sensores tem como principal objetivo aprimorar a precisão do posicionamento do derivador ao longo do tempo, conforme descrito por Caron et al. (2006), tornando a estimativa da velocidade de deslocamento do derivador mais confiável do que utilizando apenas os dados do GPS, dependente da disponibilidade de sinal de satélites.

Ainda, os resultados obtidos por derivadores serão de grande importância na validação de modelo numérico utilizando a técnica de acoplamento entre simulações hidrodinâmicas e de espectro de ondas, de modo a contribuir para um melhor conhecimento da dinâmica das correntes litorâneas na costa paranaense ao longo de um ano completo, de modo a estabelecer relações entre o padrão de ondas e ventos com o comportamento dessas correntes na área estudada.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, R. (1992). “Ambientes de sedimentação da planície costeira com cordões litorâneos no estado do Paraná”. Boletim Paranaense de Geociências, v. 40, pp. 69-114.

ÂNGULO, R. (1993). “Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas último quatro décadas”. Boletim Paranaense de Geociências, v. 41, pp. 52-72.

CARON, F.; DUFLOS, E.; POMORSKI, D.; VANHEEGHE, P. (2006) “GPS/IMU data fusion using multisensor Kalman filtering: introduction of contextual aspects”. Information Fusion, v. 7, n. 2, pp. 221-230.

CRONE, T.J.; TOLSTOY, M. (2010). “Magnitude of the 2010 Gulf of Mexico oil leak”. Science, v. 330, n. 6004, pp. 634-635.

DAVIS, R. (1985). “Beach and nearshore zone”, in Coastal sedimentar environments. Org. por Davis, R., Springer, New York, pp. 379-444

JERNELÖV, A.; LINDÉN, O. (1981) "*IXTOC I: a case study of the world's largest oil spill*". *Ambio*, JSTOR, pp. 299-306.

KAPLAN, D.M.; LARGIER, J.; BOTSFORD, L.W. (2005) "*Radar observations of surface circulation of Bodega Bay (northern California, USA)*". *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v.110, n. C10.

LUMPKIN, R.; GARZOLI, S. (2011). "*Interannual to decadal changes in the western south atlantic's surface circulation*". *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 116, n. C1.

LUMPKIN, R.; MAXIMENKO, N.; PAZOS, M. (2012). "*Evaluating where and why drifters die*". *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 29, n. 2, p. 300–308.

LUMPKIN, R.; JOHNSON, G. C. (2013). "*Global ocean surface velocities from drifters: Mean, variance, el niño–southern oscillation response, and seasonal cycle*". *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 118, n. 6, p. 2992–3006.

MARCHANT, R. et al. (2015). "*A drifter for measuring water turbidity in rivers and coastal oceans*". *Marine pollution bulletin*, Elsevier, v. 91, n. 1, p. 102–106.

MARONE, E. et al. (1995) "*Caracterização física das condições oceanográficas, meteorológicas e costeiras das zonas estuarinas da baía de paranaguá, PR*". In: *Anales del VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*. Mar del Plata, Argentina. [S.l.: s.n.].

MAXIMENKO, N.; HAFNER, J.; NIILER, P. (2012). "Pathways of marine debris derived from trajectories of lagrangian drifters". *Marine pollution bulletin*, Elsevier, v. 65, n. 1-3, pp. 51–62.

MAXIMENKO, N.; LUMPKIN, R.; CENTURIONI, L. (2013). "Ocean surface circulation". In: *International Geophysics*. [S.l.]: Elsevier, v. 103, pp. 283–304.

NASELLO, C.; ARMENIO, V. (2016). "A new small drifter for shallow water basins: Application to the study of surface currents in the muggia bay (Italy)". *Journal of Sensors*, Hindawi, v. 2016.

NOERNBERG, M. A. (2001). "Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil: Um estudo a partir de dados in situ e Landsat-TM". Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NOVELLI, G. et al. (2017). "A biodegradable surface drifter for ocean sampling on a massive scale". *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 34, n. 11, pp. 2509–2532.

PORTOBRAS. (1983). "Relatório de apresentação das medições meteorológicas observadas em Pontal do Sul, Paranaguá - PR". [S.l.].

REINECK, H.E.; SINGH, I. B. (2012). "Depositional sedimentary environments: with reference to terrigenous clastics". Springer Science e Business Media.

SABET, B. S.; BARANI, G. A. (2011). "Design of small gps drifters for current measurements in the coastal zone". *Ocean e Coastal Management*, Elsevier, v. 54, n. 2, p. 158–163.

SCHMIDT, W. E. et al. (2003). "A gps-tracked surf zone drifter. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*", v. 20, n. 7, p. 1069 – 1075.